

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. Juni 2005 (09.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/053134 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H02K 1/16**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/053036

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. November 2004 (22.11.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 55 267.7 26. November 2003 (26.11.2003) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]**; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **HOFFMANN, Thilo**

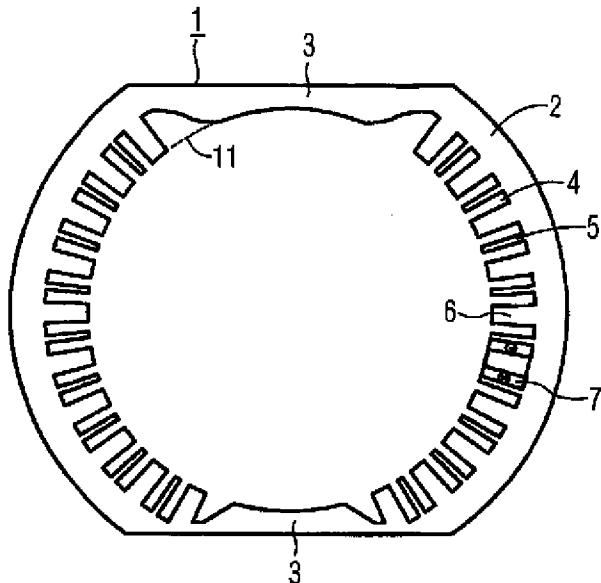
(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

{Fortsetzung auf der nächsten Seite}

(54) Title: STATOR OF AN ELECTRIC DRIVE

(54) Bezeichnung: STATOR EINES ELEKTRISCHEN ANTRIEBS



(57) Abstract: The aim of the invention is to provide a very compact electric drive that can be mounted even where there is little space, e.g. in traction vehicles or machine tools. According to the invention, an electric machine (1) has a stator and a rotor (28). The plates (2) of the stator have axially extending grooves (4) and teeth (5, 6) extend between adjacent grooves (4) and face the air gap. At least a predetermined number of said teeth (6) is configured as a single-tooth winding (7) each. At least one section (3) in the peripheral direction of the stator is devoid of grooves but follows in the area of the air gap the contour of the stator bore (11).

{Fortsetzung auf der nächsten Seite}

WO 2005/053134 A1



(34) Bestimmungstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsamt): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), curasäisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäischer (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BR, BJ, CR, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchebericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Um bei begrenzten Bauvolumen, z.B. Triebfahrzeugen oder Werkzeugmaschinen, elektrische Antriebe einzusetzen zu können, wird eine elektrische Maschine (1) mit einem Stator und einem Rotor (28) vorgeschlagen, wobei die Blöcke (2) des Stators axial verlaufende Nuten (4) aufweisen und sich zwischen den benachbarten Nuten (4) in Richtung Luftpalt Zahne (5, 6) erstrecken, wobei zumindest eine vorgebbare Anzahl der Zahne (6) jeweils als Einzelzahnwicklung (7) ausgeführt ist und wobei in Umlaufrichtung des Stators zumindest ein Abschnitt (3) vorgesehen ist, der matenlos ausgeführt ist, jedoch am Luftspalt der Kontur der Statorbohrung (11) folgt.

Beschreibung**Elektrische Maschine**

5 Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine und deren Einsatz z.B. bei elektrischen Triebfahrzeugen.

Elektrische Maschinen, insbesondere permanentmagneterregte Synchronmaschinen werden unter anderem im Werkzeugmaschinenbau eingesetzt. Dabei, dies gilt auch für Schienenfahrzeuge, treten aufgrund des begrenzt verfügbaren Einbauraums bei Werkzeugmaschinen und insbesondere bei niederflurigen Schienenfahrzeugen Probleme bzgl. der Unterbringung leistungsfähiger Antriebe auf. So begrenzen die geforderte Bodenfreiheit und der Radverschleiß den Bauraum nach unten. Zusätzlich begrenzt bei sehr niederflurigen Fahrzeugen mit Radsätzen die Einfederung des Wagenkastens den Bauraum nach oben.

Aus der US 4,864,177 ist ein Stator für einen zweipoligen 20 Einphaseninduktionsmotor bekannt, der aufgrund seines physikalischen Wirkungsprinzips unterschiedliche Längs- und Querabmessungen aufweist. Dabei sind bei jeweils gleicher Nuttiefe unterschiedliche Jochhöhen vorhanden.

25 Aus der US 3,783,318 ist ein Stator eines Induktionsmotors bekannt, der aufgrund unterschiedlicher Nuttiefen unterschiedliche Längs- und Querabmessungen aufweist.

Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde einen Antrieb zu schaffen, der bei vergleichsweise hohem Drehmoment 30 geringem Energieverbrauch und geringer Wartung auch in beengte Bauräume einbaubar ist. Dabei soll er insbesondere auch einfach herstellbar sein.

35 Die Lösung der gestellten Aufgabe gelingt durch eine elektrische Maschine mit einem Stator und einem Rotor, wobei das Blechpaket des Stators axial verlaufende Nuten aufweist und

sich zwischen den benachbarten Nuten in Richtung Luftspalt
Zähne erstrecken, wobei zumindest eine vorgebbare Anzahl der
Zähne jeweils von Zahnpulsen umgeben sind und in Umfangsrich-
tung des Stators zumindest ein Abschnitt vorgesehen ist, der
5 nutzenlos ausgeführt ist, jedoch am Luftspalt der Kontur der
Statorbohrung folgt.

Eine derartige erfindungsgemäße elektrische Maschine schafft
bei einem Einsatz in einem elektrischen Fahrzeug bei redu-
10 ziertein Geräuschen und Energieverbrauch ein ausreichendes
Drehmoment um derartige Triebfahrzeuge zu beschleunigen. Da-
bei ist besonders vorteilhaft, dass keine rotationssymmetri-
sche am Umfang der elektrischen Maschine durchgehende ver-
teilte Ständerwicklung vorhanden sein, sondern vielmehr ein-
15 zelne Zahnpulsen um die Zähnen eingesetzt werden.

Diese Zahnpulsen sind vorteilhafterweise vorab gefertigt und
müssen nunmehr lediglich auf die jeweiligen Zähne gesteckt
werden. Die Zahnpulsen können sich vorteilhafterweise auch
20 auf Spulenträgern befinden, die dann am Zahn stoff-, form-
oder reibschlüssig fixierbar sind.

Die erfindungsgemäße elektrische Maschine als Antrieb eines
elektrischen Triebfahrzeugs erfüllt bei vergleichsweise höhe-
25 rem Drehmoment die Anforderungen an Bodenfreiheit und Begren-
zungen von Einfederungen eines Wagenkastens. Besonders vor-
teilhaft ist diese elektrische Maschine als Direktantrieb
ausführbar.

30 Unter einem Direktantrieb wird dabei ein Antrieb ohne Getrie-
be verstanden. Das Drehmoment kann dabei durch eine Kupplung
an die Räder bzw. den Radsatz übertragen werden. Damit ist
dann der Antrieb im Fahrwerk aufgehängt und somit abgefedert.
35 In einer weiteren Ausführung reitet der Antrieb ohne Kupplung
direkt auf der Radsatzwelle; er ist damit ungefedert und ein
Teil des Radsatzes. Der Rotor ist mit Permanentmagneten be-

stückt. Insbesondere bei der hochpoligen permanentmagneterregten Synchronmaschine weist der Rotor Permanentmagnete auf, die vorteilhafterweise in Flusskonzentrationsanordnung angeordnet sind, um im Luftspalt eine erhöhte Flussdichte zu erhalten.

Dabei beträgt vorteilhafterweise die Spulenweite ein Vielfaches der Polteilung

- 10 Besonders vorteilhaft ist es, wenn die nutenlosen Abschnitte einander gegenüberliegen, da damit die Höhe des Bauraums reduziert wird und dies insbesondere Bodenfreiheit und Einfederung zugute kommt.
- 15 Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung werden in der Zeichnung schematisch dargestellt. Dabei zeigen:

- 20 FIG 1 bis 3 Blechschnitte erfindungsgemäßer elektrischen Maschinen,
- FIG 4, 5 Anordnung von Permanentmagneten in einem Läufer einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine,
- FIG 6 einen Rotor mit Permanentmagneten und Zumindes t einem Kurzschlusskäfig,
- 25 FIG 7 und 8 eine elektrische Maschine nach dem Stand der Technik an einem Wagenkasten
- FIG 9 und 10 eine erfindungsgemäße elektrische Maschine an einem Wagenkasten,
- 30 FIG 11 bis 18 grundsätzliche Anordnungen einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine an Radsätzen bzw. Einzelrädern,
- FIG 19 Anordnung der elektrischen Maschine mit gegebenfalls einem Getriebe in einem Fahrwerk,
- FIG 20 Seitenansicht eines abgefederten Direktantriebs,
- 35 FIG 21 Querschnitt eines unabgefederten Direktantriebs,

FIG 1 zeigt ein Blech 2 eines Stators einer elektrische Ma-
schine 1. Die Bleche 2 sind geschichtet und weisen zwei gege-
nüberliegenden Seiten auf, die nutenlos ausgeführt sind. Die
dabei nutenlosen Abschnitte 3 sind in Umfangsrichtung jeweils
5 durch ein Segment von ca. 60° gekennzeichnet. Der Rest der
Querschnittsfläche des Blechs 2 zeigt Nuten 4, die Teil einer
lückenden Zahnpulsenwicklung 7 bilden. Dabei wechseln sich
verhältnismäßig breite Zähne 6 mit schmalen Zähnen 5 ab, wo-
bei die schmalen Zähne 5 unbewickelt sind, während die brei-
10 ten Zähne 6 bewickelt sind. Als Wicklungsspulen sind dabei
vorteilhaftweise vorgefertigte Zahnpulsen 7 eingesetzt. In
einer Nut 4 befindet sich somit lediglich ein Hin oder Rück-
leiter einer Zahnpule 7. Die elektrische Maschine 1 ist
hochpolig ausgeführt, d.h. sie hat mehr als ca. zwanzig Pole.
15

FIG 2 zeigt wie FIG 21 eine lückende Zahnpulsenwicklung, je-
doch lediglich mit einem nutenlosen Abschnitt 3. Dabei sind
nur die breiten Zähne von Zahnpulsen 7 umgeben.

20 Dieser außergewöhnliche Aufbau des Stators einer Synchronma-
schine ist nur bei Zahnpulsen 7 möglich. Es wird somit keine
rotationssymmetrische am Umfang der Synchronmaschine durchge-
hend verteilte Statorwicklung benötigt. Damit lässt sich das
Drehmoment einer derartigen erfindungsgemäßen Synchronmaschi-
25 ne bei gleicher Einbauhöhe (=Achshöhe), d.h. die Drehmoment-
ausnutzung gegenüber rotationssymmetrischen Maschinen 1 deut-
lich steigern. Durch Anwendung derartiger elektrischer Ma-
schinen 1 als Fahrmotoren bei Radsatzdirektantrieben für
Schienenfahrzeuge kann z.B. der Motorisierungsgrad gesenkt
30 und dadurch Kosten eingespart werden. Derartige elektrische
Maschinen 1 benötigen einen vergleichsweise eingeschränkten
Bauraum, so dass sie insbesondere bei niederflurigen Fahrzeu-
gen, oder im Werkzeugmaschinenbau einsetzbar sind.

35 Trotz der lückenden Zahnpulsenwicklung bleibt die Drehmomen-
tenwelligkeit der elektrischen Maschine aufgrund der hohen
Polzahl in einem für Traktionsbetrieb tolerierbaren Bereich.

Für den Einsatz im Werkzeugmaschinenbau oder anderen Produktionsmaschinen lässt sich z.B. durch Schrägung der Nuten der Bleche 2 des Stators und/oder Schrägung der Permanentmagnete 20 des Rotors 28 die erhöhten Anforderungen an die Drehmomentwelligkeit im Werkzeugmaschinenbau erfüllen. Dabei weist die Synchronmaschine insbesondere eine Schrägung auf, die zwischen dem 0,4-fachen und 0,6-fachen einer Nutteilung liegt.

10 FIG 3 zeigt ein Blech 2 mit einer nichtlückenden Zahnpulsenwicklung und zwei nutenlose Abschnitte 3.

FIG 4 und 5 zeigen jeweils einen Rotor 28. In FIG 4 sind die Permanentmagnete 20 am Außenumfang des Rotors 28 angebracht und mit einer Bandage 19 fixiert. Gemäß FIG 20 sind die Permanentmagnete 20 in Flusskonzentrationsrichtung in das Blechpaket des Rotors 28 eingefügt.

15 FIG 6 zeigt einen Rotor 28 mit am Außenumfang des Rotors 28 angebrachten Permanentmagneten 20, die durch eine Bandage fixiert sind. Zusätzlich befindet sich im Blechpaket des Rotors 28 zumindest in Induktionskäfig 21 zur zusätzlichen Drehmomentausnutzung der Oberschwingungen.

20 FIG 7,8 zeigt in einer Vorderansicht eine prinzipielle Anordnung einer an sich bekannten elektrischen Maschine in einem Wagenkasten 11 als Antrieb eines nicht näher dargestellten Triebfahrzeugs. Dabei ist grundsätzlich zwischen der Oberkante der Schienen 12 und der Unterkante der elektrischen Maschine 1 eine vorgegebene Bodenfreiheit 13 beizuhalten. Dies ist insbesondere bei Direktantrieben zu beachten. Bei elektrischen Maschinen 1 die z.B. einen Radsatz 10 über ein Getriebe 16 antreiben, kann die Maschinenachse 14 über der Radsatzwelle 15 angeordnet werden, um somit die erforderliche Bodenfreiheit 13 zu erhalten. Damit ist aber die Unterkante des Wagenkastens 11 hochzusetzen, womit sich u.a. Komforteinbußen ergeben.

FIG 9,10 zeigt bei identischer Ansicht die geometrischen Verhältnisse bei Verwendung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine 1, die vorzugsweise als permanenterregte Synchronmaschine ausgeführt ist. Die erforderlichen Bodenfreiheit wird 5 bei gleichzeitiger Absenkung des Wagenkastens 11 eingehalten.

FIG 11 bis 18 zeigen weitere Anordnungsmöglichkeiten der erfindungsgemäßen Maschine 1 als Fahrmotor von Triebfahrzeugen. Die elektrische Maschine 1 ist gemäß FIG 11 dabei als ungefe-10 derter Radsatzantrieb koaxial um die Achse des Radsatzes 10 angeordnet. Es ergeben sich dadurch die oben genannten Vor-teile, insbesondere für Niederflurfahrzeuge.

FIG 12 zeigt einen Radsatzantrieb, bei dem elektrische Ma-15 schine 1 und Getriebe 16 koaxial um die Achse des Radsatzes 10 angeordnet sind.

FIG 13 zeigt die elektrische Maschine als Direktantrieb eines Einzelrades 17.

20 FIG 14 zeigt die elektrische Maschine 1 und ein Getriebe 16 koaxial um die Achse des Einzelrades 17 angeordnet.

FIG 15 zeigt die elektrische Maschine 1 querliegend mit einem 25 Getriebe 16 zum Antrieb des Radsatzes 10.

FIG 16 zeigt die elektrischen Maschine 1 querliegend mit ei-nem Getriebe 16 zum Antrieb eines Einzelrades 17.

30 FIG 17 und FIG 18 unterscheiden sich im wesentlichen von FIG 15 und FIG 16 dadurch, dass die elektrischen Maschine 1 längsliegend angeordnet ist.

35 FIG 19 zeigt beispielhaft die Anordnung einer Antriebsvarian-te nach FIG 11 in einem Fahrmotorgestell 18, das u.a. nicht näher dargestellte Lagersysteme enthält.

FIG 20 zeigt in einer prinzipiellen Darstellung einen Längs-
schnitt eines abgefederten Direktantriebs als Anwendung einer
erfindungsgemäßen Synchronmaschine. Dabei wird über eine Ge-
lenkhebelkupplung 9 motorseitig eine Kardanhohlwelle 8 ange-
5 trieben, die mit einem Radsatz 10 gekoppelt ist.

FIG 21 zeigt einen Querschnitt eines unabgefederten Direktan-
triebs eines Radsatzes 10. Der Direktantrieb hält bei glei-
10 cher Ausgangsleistung der elektrischen Maschine 1 die erfor-
derlichen Abstände zur Unterkante des Wagenkastens 11 als
auch zur Oberkante der Schienen 12 ein. Die Bleche 2 des Sta-
tors sind mit Zahnpulsen 7 versehen. Die nutenlosen Abschnitte 3
15 der Bleche 2 sind idealerweise der Schiene 12 bzw. dem
Wagenkasten 11 zugewandt. Ein Rotor 28 umgibt die Radsatzwel-
le 15. Der Rotor 18 weist an seinem Außenumfang Permanentmag-
nete 20 auf, wie es in FIG 19 und 20 näher dargestellt ist.

Bei Werkzeugmaschinen oder anderen Produktionsmaschinen ist
es gegebenenfalls erforderlich, die nutenlosen Abschnitte 3
20 sowohl in Anzahl als auch bzgl. ihrer Lage zueinander an Ble-
chen 2 den gegebenen örtlichen Gegebenheiten anzupassen.

Des Weiteren sind die Zahnflanken benachbarter Zähne parallel
ausgeführt, so dass die Montage mit Zahnpulsen 7 erleichtert
25 wird.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine (1) mit einem Stator und einem Rotor (28), wobei die Bleche (2) des Stators axial verlaufende Nuten (4) aufweisen und sich zwischen den benachbarten Nuten (4) in Richtung Luftspalt Zähne erstrecken, wobei zumindest eine vorgebbare Anzahl der Zähne (5, 6) jeweils von Zahnpulsen (7) umgeben sind und in Umfangsrichtung des Stators zumindest ein Abschnitt (3) vorgesehen ist, der nutenlos ausgeführt ist, jedoch am Luftspalt der Kontur der Statorbohrung (11) folgt.
2. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der nutenlose Abschnitt 3 (3) 60 Grad der Umfangsfläche bedeckt.
3. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die nutenlosen Abschnitte (3) einander gegenüber liegen.
4. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (28) Permanentmagnete (20) aufweist.
5. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (28) zumindest einen Induktionskäfig (21) aufweist.
6. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator eine lückende Zahnpulsenwicklung aufweist.
7. Elektrisches Triebfahrzeug mit einer elektrischen Maschine (1) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche.

9

8. Elektrisches Triebfahrzeug nach Anspruch 7, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , dass die nutzenlosen Abschnit-
te (3) der elektrischen Maschine (1) sich zwischen Schiene
(12) und Wagenkasten (11) befinden.

5

9. Elektrisches Triebfahrzeug nach Anspruch 7 oder 8, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die elektri-
schen Maschine (1) einen Radsatz (10) oder ein Einzelrad di-
rekt oder über ein Getriebe antreibt.

10

10. Elektrisches Triebfahrzeug nach Anspruch 9, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , dass die elektrischen Maschi-
ne (1) den Radsatz (10) abgefedert insbesondere über eine
Kupplung oder ungefedert achsreitend antreibt.

15

11. Werkzeugmaschine mit einer elektrischen Maschine (1) nach
einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6.

1/9

FIG 1

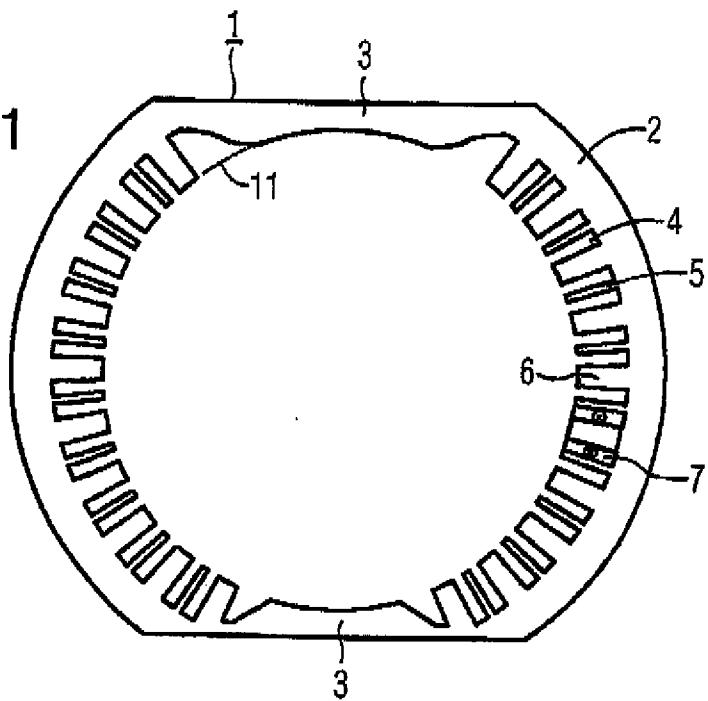


FIG 2

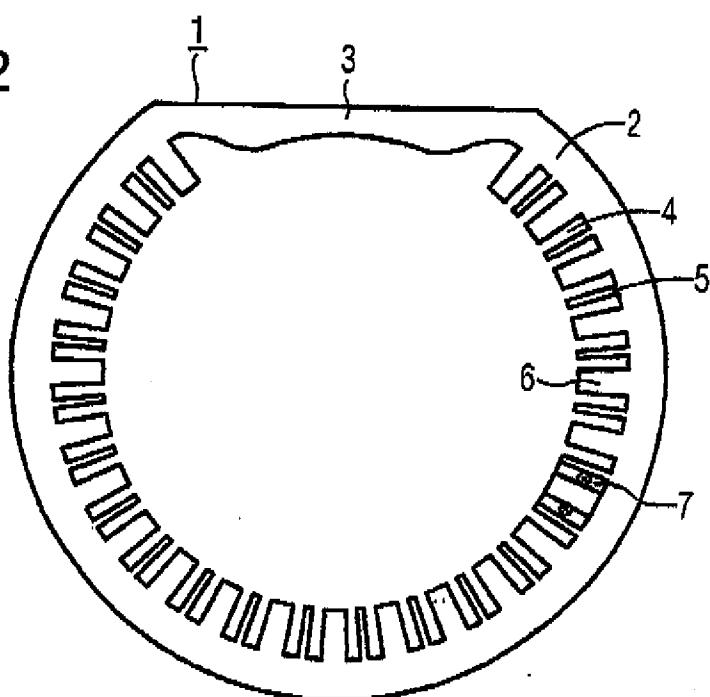


FIG 3

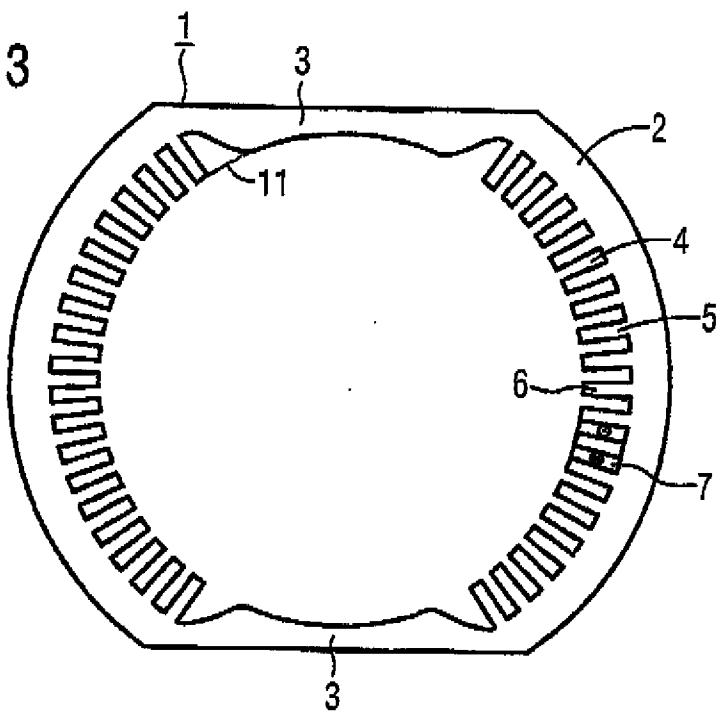


FIG 4

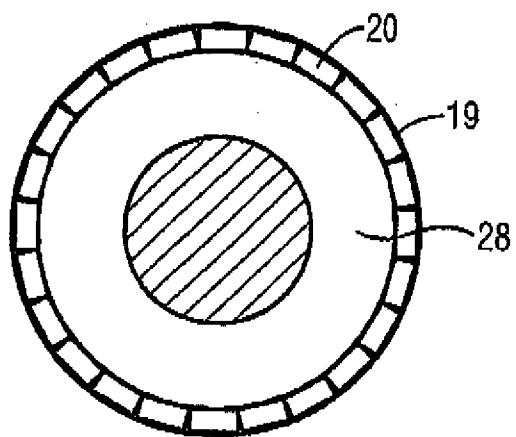


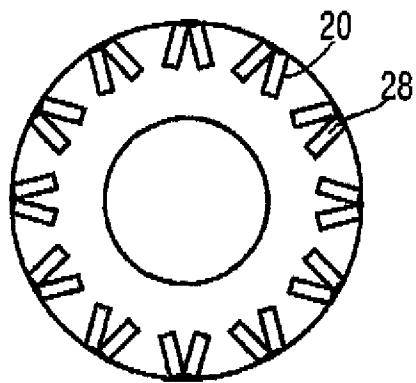
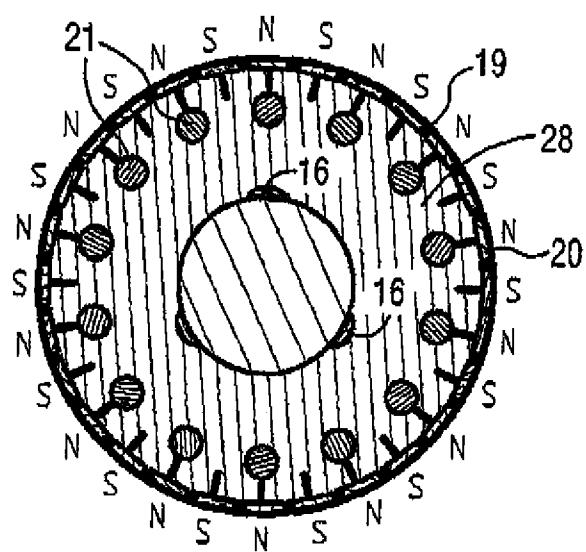
FIG 5**FIG 6**

FIG 7

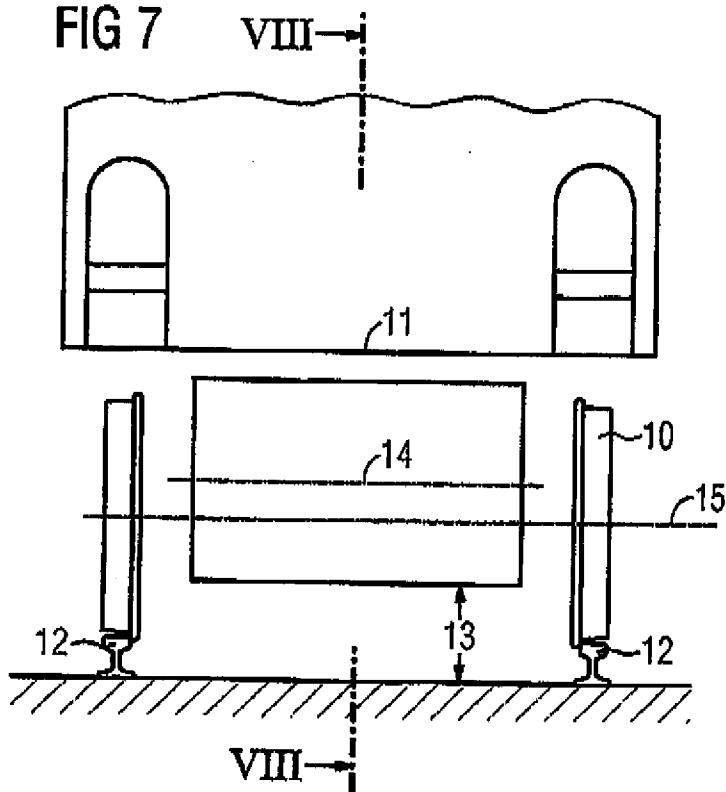


FIG 8

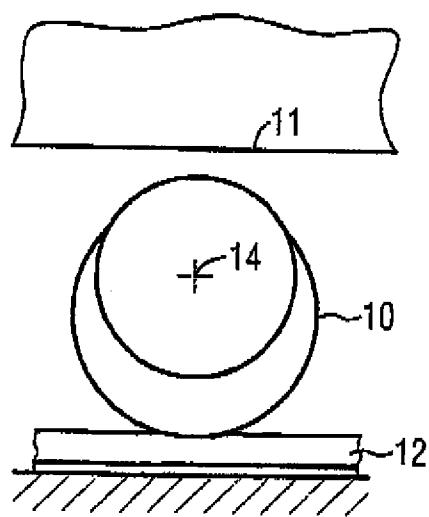


FIG 9

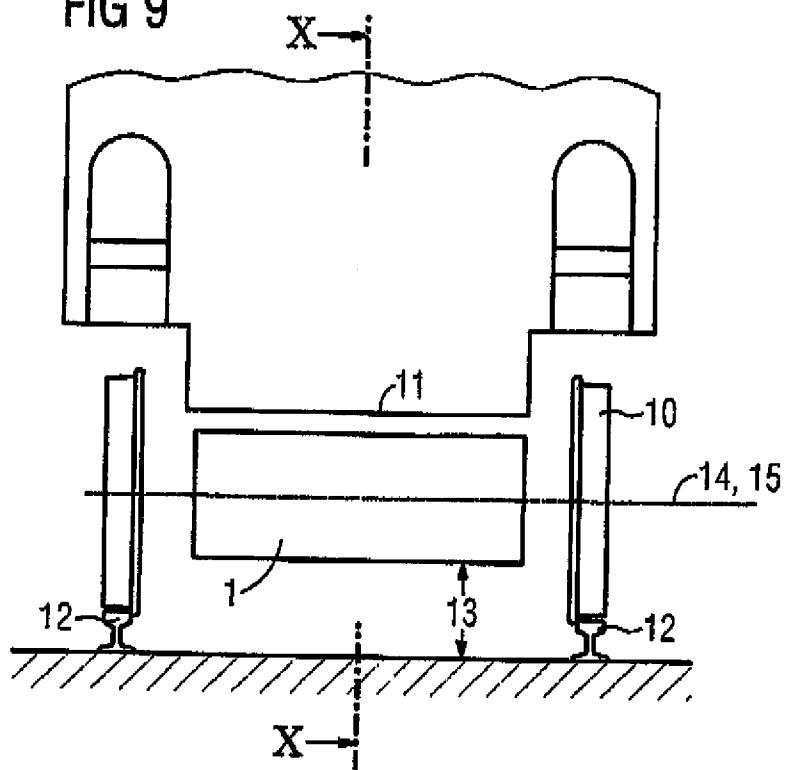


FIG 10

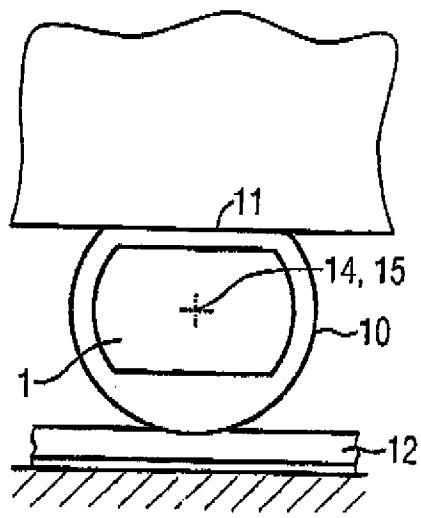


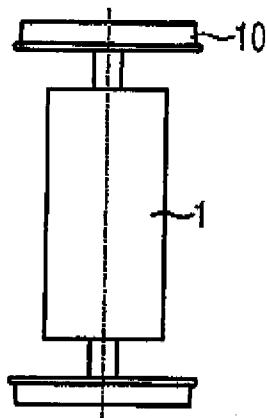
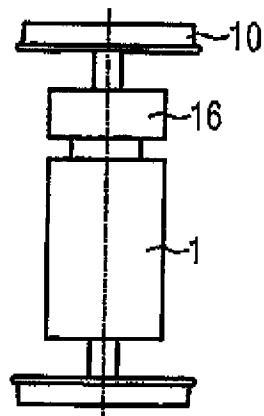
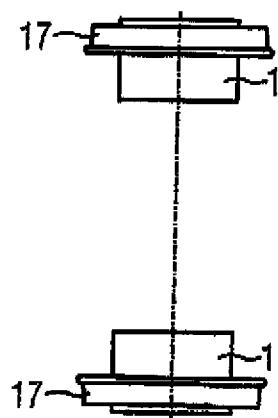
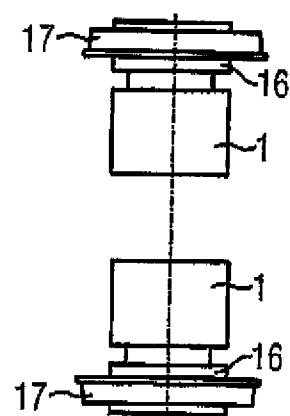
FIG 11**FIG 12****FIG 13****FIG 14**

FIG 15

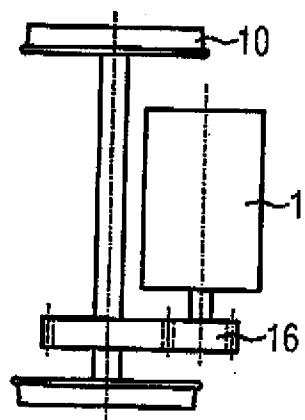


FIG 16

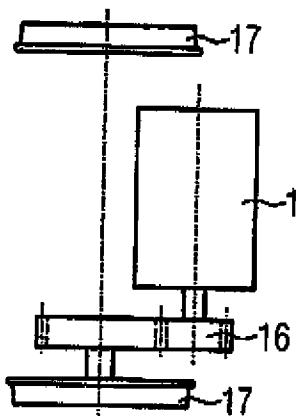


FIG 17

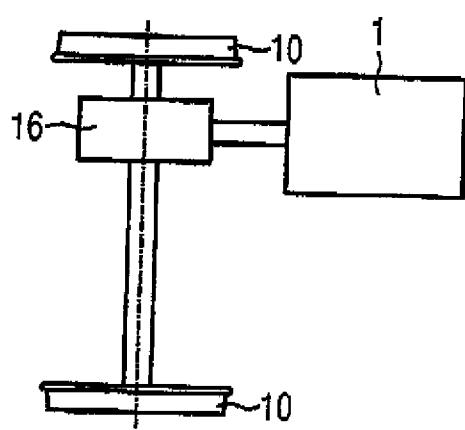


FIG 18

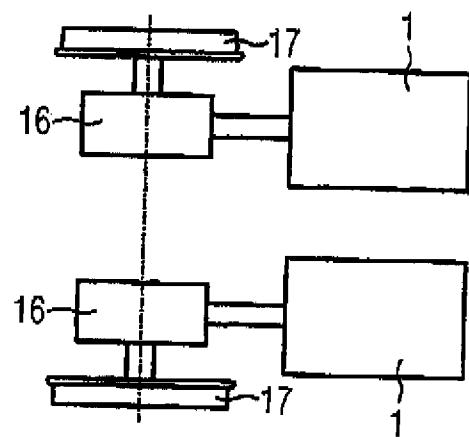


FIG 19

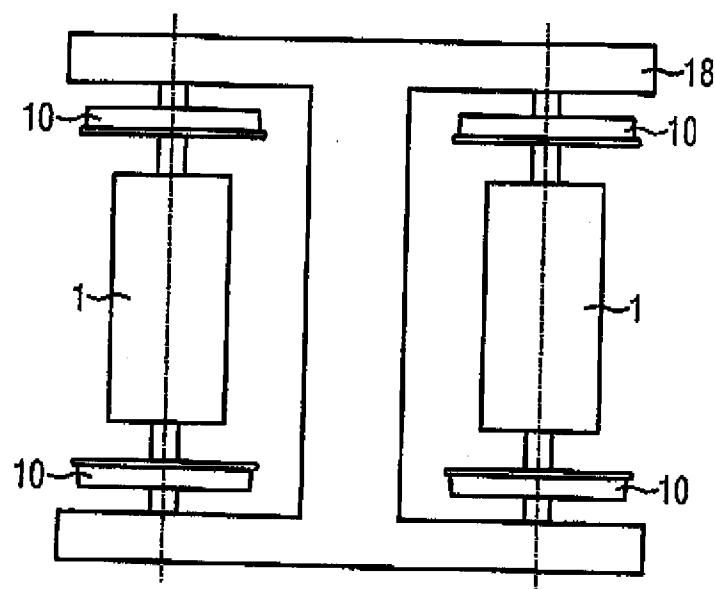


FIG 20

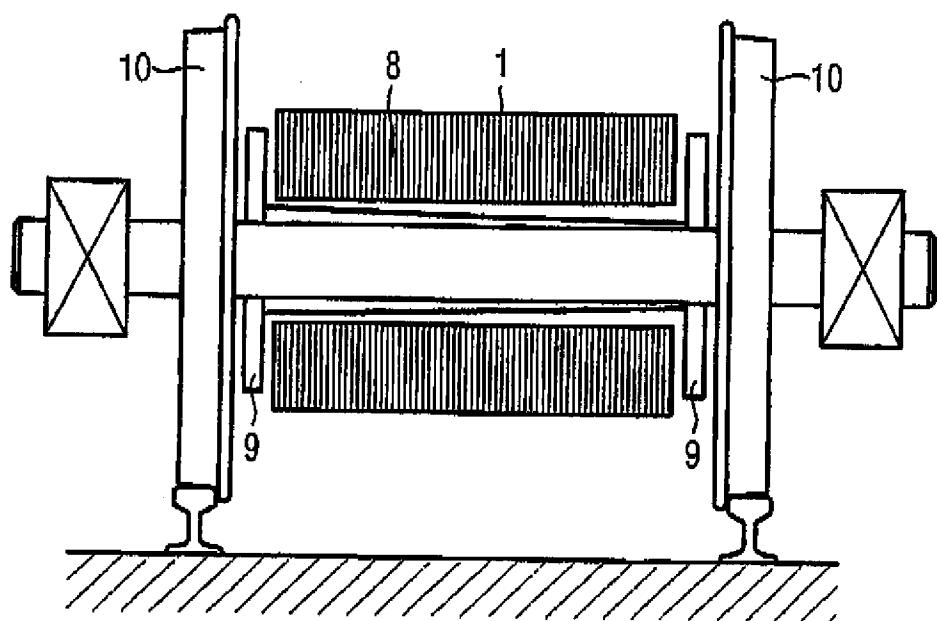


FIG 21

